

Sistemas de carga y transporte del tomate para industria

A. Rodríguez del Rincón y J.A. González García. S.I.A.-Extremadura
M. Ruiz Altisent. Depto. Ingeniería Rural. U. Politécnica de Madrid

En el cultivo de las hortalizas para industria, la fase de post-cosecha, entendiendo como tal las operaciones que hay que realizar desde que el producto es recolectado hasta que entra en las líneas de fabricación, reviste una importancia capital puesto que influye directamente sobre la calidad de la materia prima con la que se elaborarán las conservas.

En el caso del tomate para industria la importancia de la post-cosecha se deriva de la fragilidad del fruto que ha de ser manipulado y del gran volumen de frutos que ha de ser transportado (en algunas industrias hasta 2.000 t/día), lo que obliga a organizar una infraestructura de transporte complicada y cara.

Hasta hace algunos años la fase de post-cosecha del tomate de industria se efectuaba en nuestro país de acuerdo con el esquema que aparece en la **Figura 1**. La recolección se realizaba manualmente utilizando cajas de campo, en principio de madera y posteriormente de plástico, con unas dimensiones de 50 x 37 x 25 cm y una capacidad de alrededor de 22 kg de frutos.

Una vez llenas, las cajas permanecerán

en el campo hasta la llegada del vehículo de transporte en el que se cargaban sobre palets. A la llegada a la fábrica, el vehículo era descargado y las cajas llenas permanecían en el patio de recepción hasta el momento de ser volcadas en la cabecera de la línea de fabricación, lo que se realizaba bien manualmente o bien utilizando un despaletizador.

En su conjunto éste es un sistema que produce pocos daños sobre el fruto pero que tiene un coste muy elevado. Las industrias deben disponer de las cajas necesarias para almacenar una producción triple

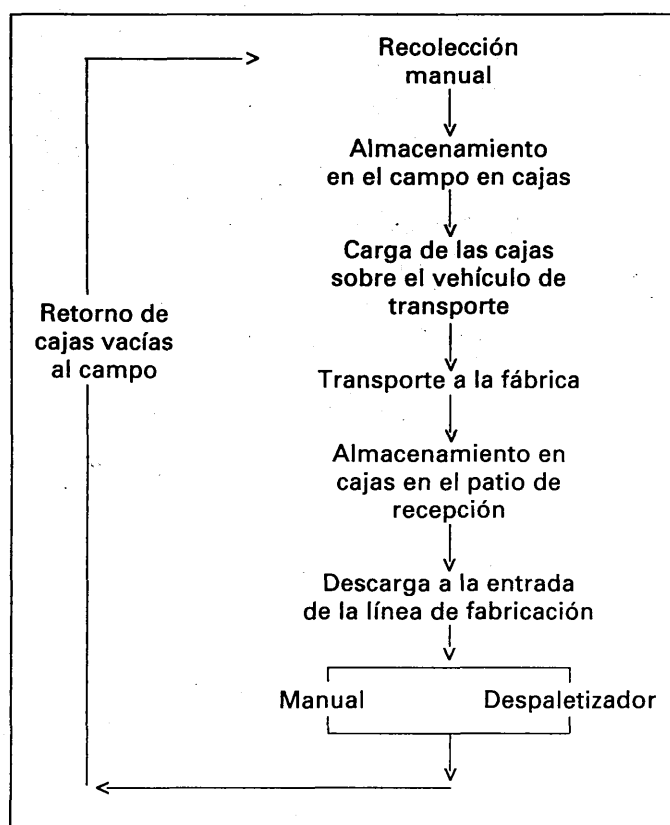


Fig. 1. Fases de la post-recolección del tomate con transporte en cajas.

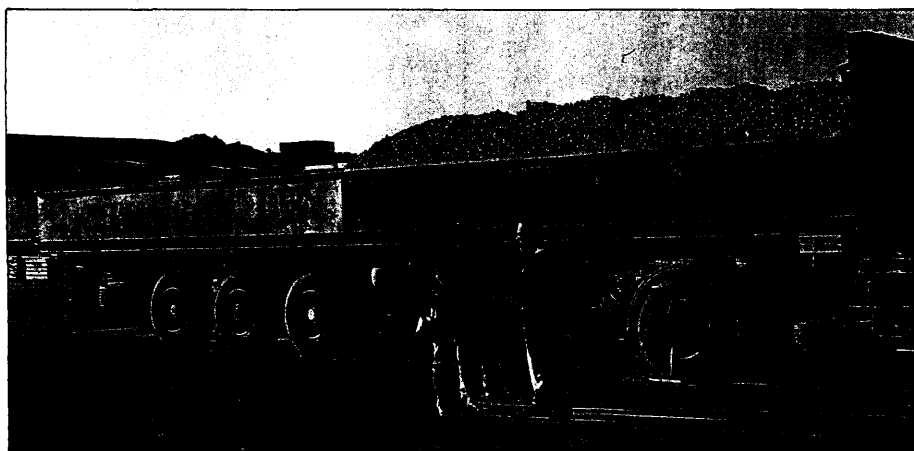


Fig. 2. Dos contenedores de 10.000 kg de capacidad montados sobre la caja de un camión.

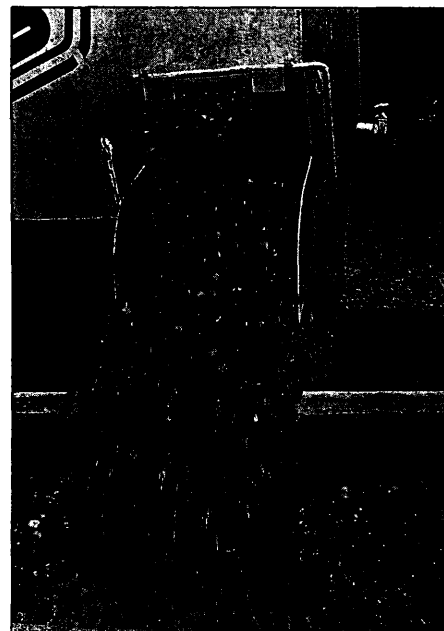


Fig. 3. Descarga de los frutos sobre el canal de alimentación de la fábrica.

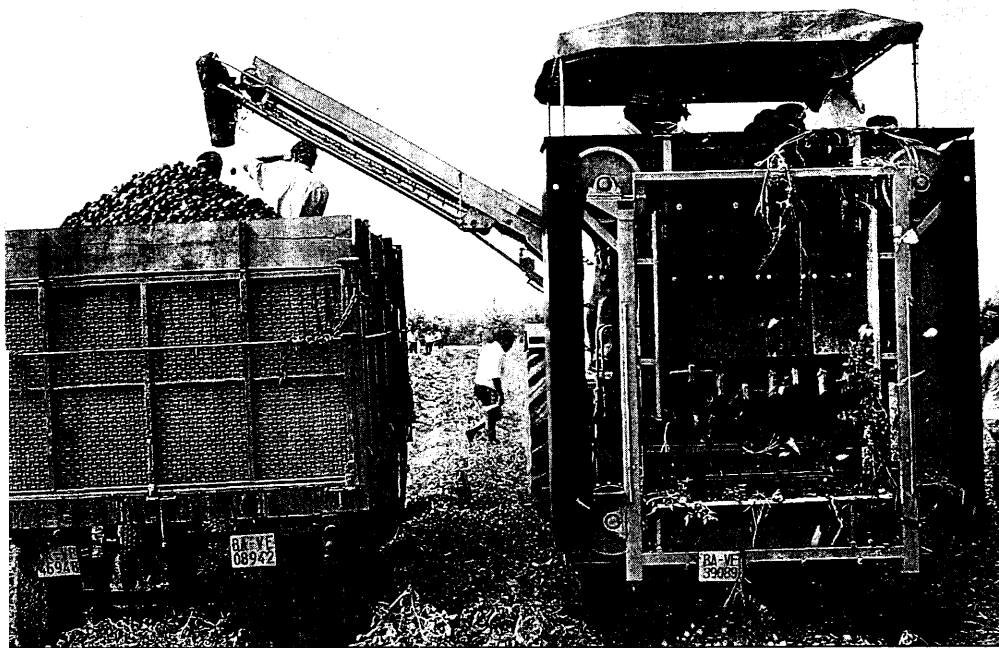


Fig. 4. Carga sobre remolque desde una cosechadora.

de su capacidad máxima diaria (una caja llenándose en el campo, otra en transporte a la fábrica o en retorno al campo y otra a la espera de ser descargada); así, para una industria que tenga una capacidad máxima de 2.000 t/día, son necesarias más de 250.000 cajas, lo que representa un inmovilizado considerable, además de un gasto de reposición importante, puesto que la vida media de estos envases no supera los 3 ó 4 años.

El desarrollo de la recolección mecánica y el elevado coste que el sistema de transporte antes indicado supone, obligó a sustituirlo por el transporte a granel, en grandes contenedores cuya capacidad puede ir desde 5.000 ó 6.000 kg, para los más pequeños, hasta más de 20.000 kg para los mayores (Figura 2).

El transporte a granel del tomate para conserva se inició en California en 1950, antes incluso de la recolección mecánica. Cuando a partir de 1955, la recolección mecánica se empezó a extender, el transporte a granel se generalizó, utilizándose primero cajones paletizados de unos 500 kg de capacidad y posteriormente contenedores mucho mayores.

La implantación del transporte a granel obligó a las instalaciones industriales a modificar sus sistemas de recepción de frutos, sustituyendo los despalletizadores de

cajas, por unos muelles en los que se sitúan los vehículos cargados de fruto; en ellos se hace caer sobre los contenedores un chorro de agua de gran caudal que obliga a salir a los tomates por una trampilla lateral de la que dispone el contenedor (Figura 3), pasando los frutos, conducidos por el agua, hasta un canal de descarga desde donde son transportados o bien directamente a las líneas de fabricación o bien a unas grandes piscinas reguladoras en las que el fruto aguarda hasta el momento de entrar en la línea de fabricación.

Es evidente que la carga, el transporte, la descarga y el almacenamiento en piscina del tomate a granel son mucho más agresivos para el fruto que el transporte en cajas antes descrito. A pesar de la mayor resistencia de los frutos que se ha conseguido por la mejora genética de las variedades, las pérdidas que ocasiona el transporte a granel pueden ser muy importantes, si no se toman las debidas precauciones.

En lo que sigue describimos los sistemas más utilizados en nuestro país para la carga y el transporte a granel y estudiamos los factores que determinan los daños y pérdidas, en base a los resultados obtenidos por una investigación que realizamos en Extremadura, durante las campañas de 1988 y 1989.

Sistemas de carga

La operación de carga de los frutos en el vehículo de transporte reviste una gran importancia, porque durante la misma el fruto recibe una serie de impactos que le pueden provocar daños mecánicos de diversa consideración, desde pequeñas grietas en la piel hasta el fraccionamiento del fruto en varios trozos.

Los frutos con daños mecánicos, sometidos a la compresión de otros frutos y a las vibraciones del transporte, pierden parte de su jugo, con lo que disminuyen su rendimiento industrial; por otra parte, los daños mecánicos incrementan la respiración del fruto (pérdidas de sólidos solubles), permiten la destrucción de las pectinas por las enzimas pectolíticas (disminución de la viscosidad) y facilitan el desarrollo de microorganismos (incremento del índice de Howard).

En consecuencia, la presencia de daños mecánicos en el fruto provoca pérdidas de producto y disminución de la calidad industrial, de ahí que sea muy importante cuidar la operación de carga para reducir al mínimo la producción de daños mecánicos.

El sistema de carga utilizado depende de la técnica de recolección y de la infraestructura disponible en la explotación.

Cuando la recolección se efectúa mecánicamente (Figura 4), la carga se realiza a través de la cinta transportadora de salida de que disponen las cosechadoras, que en su mayoría son articuladas y pueden subirse poco a poco a medida que aumenta la masa de tomate cargada en el contenedor, con objeto de que la altura desde la que caen los frutos sea la menor posible, por la influencia que, como veremos más adelante, tiene la altura de caída sobre la producción de daños.

Para evitar que la cinta choque contra el contenedor, en un momento de distracción de los conductores de la cosechadora y el contenedor, hay la tendencia a llevar la cinta muy alta, práctica que debe desecharse porque incrementa el nivel de daños en el fruto.

La causa de la producción de daños mecánicos es la energía cinética, y consecuentemente la velocidad que lleva el fruto en el momento del impacto; reducir la velocidad del fruto se puede lograr reduciendo la velocidad inicial que le proporciona la cinta (para mantener la capacidad de carga es suficiente aumentar su anchura) o bien colocando en su salida un mecanismo de-

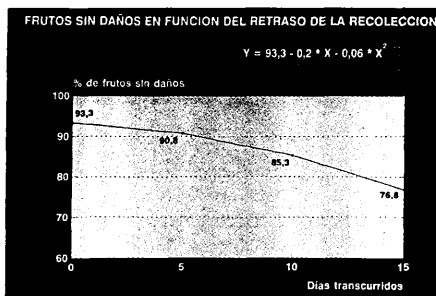


Fig. 5. Relación entre los daños mecánicos en el fruto y el retraso de la recolección.

celador que provoque en su interior rozamientos y pequeños impactos entre los frutos.

Para reducir el nivel de daños en el fruto es también conveniente evitar que la cinta descargue siempre sobre el mismo punto de la masa de tomates ya cargada, con lo que se producen numerosos impactos sobre un mismo fruto; para evitar esto es conveniente colocar a la salida de la cinta un deflector que oriente la caída de los frutos hacia diversos puntos.

El vehículo sobre el que se cargan los tomates depende del equipo de recolección de que se disponga y de la distancia entre la explotación y la fábrica. Generalmente, ni la preparación del suelo de la parcela ni la velocidad de trabajo de la mayor parte de las cosechadoras existentes en nuestro país permiten la descarga sobre contenedores montados sobre un camión; cuando la distancia entre la explotación y la fábrica no es muy grande (10-15 km), el problema se resuelve montando el contenedor sobre un remolque agrícola arrastrado por un tractor, que es el que se encarga de hacer después el transporte.

Cuando la distancia a la fábrica es mayor, lo más frecuente es que las cosechadoras descarguen sobre cajones paletizados, de unos 500 kg de capacidad, ocho de los cuales se montan sobre un remolque agrícola; cuando los cajones están llenos son conducidos hasta un centro de carga, donde una carretilla elevadora los coloca en el suelo

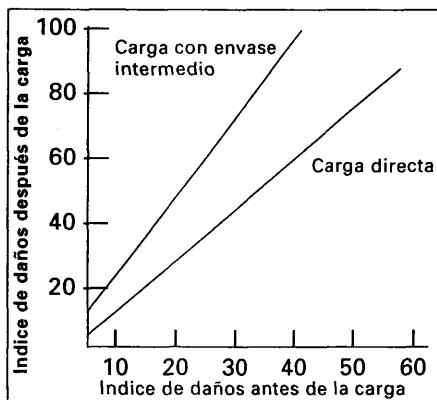


Fig. 6. Efecto de la carga con y sin envase intermedio

hasta que llega el camión en que se va a hacer el transporte, sobre el que la misma carretilla vuelca los cajones. Como veremos más adelante, este sistema incrementa notablemente los daños, por lo que su empleo debería ser revisado.

Más conveniente, pero menos frecuente, es el empleo de contenedores, de unos 3.000 kg de capacidad, que disponen de unas pequeñas ruedas metálicas, tres de los cuales se montan sobre un remolque agrícola en cuya caja se instalan unos raíles sobre los que los contenedores pueden deslizarse; una vez llenos los contenedores, son transferidos al camión de transporte, al que se le han instalado unos raíles similares, utilizando un polipasto.

Cuando la recolección se realiza manualmente, los frutos quedan dentro de las cajas de recolección, diseminadas por la parcela, y deben ser cargados en el vehículo de transporte. Hasta hace poco, las cajas llenas se sacaban de la parcela en un remolque y se llevaban a un centro de carga, donde su contenido se pasaba al camión de transporte volcándolas manualmente o utilizando una cinta transportadora.

La costosa manipulación de las cajas hace que hoy se prefiera cargar directamente el vehículo de transporte sin sacar las cajas de la parcela. Para ello, si la explotación no está muy lejos de la fábrica, las cajas

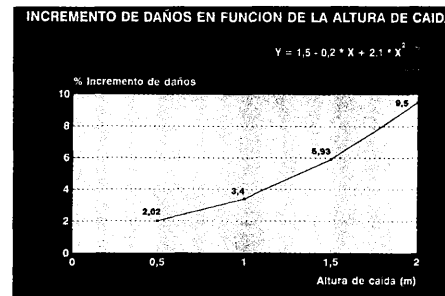


Fig. 7. Daños producidos en función de la altura de caída.

se vacían manualmente sobre un remolque agrícola que va recorriendo la parcela para que las cajas no tengan que moverse del punto en que se llenaron. Si la explotación está alejada de la fábrica, se emplean cajones paletizados iguales a los utilizados en la recolección mecánica, sobre los que se vacían las cajas y, una vez llenas, se llevan a un centro de carga para volcarlos con una carretilla elevadora sobre el vehículo de transporte.

Factores que afectan a la producción de daños durante la carga

En la producción de daños durante la carga influye tanto el estado del fruto en el momento que se carga como la forma en que ésta se realice.

En primer lugar existe una influencia clara de la variedad que se cultiva; aunque los frutos de la práctica totalidad de las variedades que hoy se destinan a la transformación industrial son susceptibles de transportarse a granel, existen algunas diferencias en lo que se refiere a su resistencia a los daños mecánicos. En ensayos realizados en Badajoz, con cuatro variedades, en las que se analizaron 400 muestras de unos 100 kg de fruto cada una, se compararon los daños en los frutos antes y después de ser cargados, clasificándolos en: Frutos "sin daños" (con la piel intacta), "rajados" (con daños de poca profundidad, que afectan sólo a la piel) y "rotos" (con daños más profundos, que afectan al mesocarpio y a las cavidades carpelares); los resultados obtenidos, expresados en porcentajes sobre el total, se resumen en el Cuadro I.

En estos datos se puede apreciar que, partiendo de un nivel de daños muy similar antes de la carga, el híbrido H-9889 tiene un peor comportamiento que las otras tres variedades, pues su porcentaje de frutos con daños después de la carga supera el 20%, mientras que para las otras tres variedades este índice es de alrededor de un 10%.

Cuadro I Comportamiento de las variedades frente a los daños en la carga (% Frutos de las distintas categorías)						
Variedad	Antes de la carga			Después de la carga		
	Sin daños	Rajados	Rotos	Sin daños	Rajados	Rotos
H-9889	92,30	3,87	3,83	79,87	10,88	9,25
UC-82 L	94,14	1,46	4,40	89,31	3,93	6,76
Rio Grande	93,91	1,33	4,76	89,20	3,76	7,04
Yuma	94,35	1,89	3,76	90,64	3,87	5,49



Fig. 8. Decelerador acoplado a una cinta de carga.

Otro factor que influye de manera importante sobre la producción de daños durante la carga es el porcentaje de frutos maduros existentes en la parcela en el momento de la recolección. Para la mayor parte de las variedades, el momento idóneo para iniciar la recolección es cuando el porcentaje de frutos maduros se sitúa en torno al 80%; cuanto más se retrase la fecha de recolección respecto a este momento, mayor será el porcentaje de frutos con daños que ocasionará la carga.

Los ensayos que hemos realizado nos han permitido obtener una ecuación que relaciona el porcentaje de frutos sin daños después de la carga (y), con el número de días transcurridos desde que en la parcela se alcanzó el 80% de maduración (x). Para el conjunto de las variedades con las que trabajamos esta relación se representa en la **Figura 5**, de acuerdo con la cual no supone mucho problema retrasar la recolección 4 ó 6 días, pero si la recolección se retrasa más de 10 días el nivel de daños que se puede esperar como consecuencia de la carga se incrementa rápidamente.

El momento en que se aplica el último riego, además de sobre otros índices productivos (agrupación de la maduración, contenido en sólidos solubles, etc.), influye también sobre la producción de daños en la carga. Parece bastante claro el hecho de que cuanto más se retrasa el corte del riego,

mayores son los daños que se producen en la carga. En suelos francos o franco-arenosos, el momento ideal para cortar el riego es cuando en la plantación hay en torno a un 30% de frutos maduros; riegos dados con posterioridad a este momento, y sobre todo los que se dan con más del 50% de frutos maduros, incrementan notablemente los daños producidos en la carga.

En la carga del tomate debe tenerse en cuenta que se está manejando un producto frágil y que cualquier manipulación brusca o innecesaria va a contribuir a incrementar los daños que se le produzcan.

Es muy frecuente que para rellenar bien toda la capacidad del contenedor, al final de la carga se trate de llevar frutos hacia los rincones del contenedor, empujándolos con una caja vacía o incluso subiéndose un operario sobre la masa de tomates ya cargados, para realizar la operación con más comodidad; evidentemente ésta es una práctica que se debe desechar, puesto que aumenta de una forma importante el nivel de daños en la partida cargada.

El empleo de cajones paletizados, al que antes hicimos referencia, como envase intermedio entre las cajas de recolección o la cosechadora y el contenedor en el que se va a hacer el transporte es otra práctica rechazable.

En la **Figura 6** representamos la relación obtenida entre el Índice de Daños

(porcentaje de frutos rajados más el doble del porcentaje de frutos rotos) en la partida de frutos antes de cargarse y el que hay al final de la carga cuando ésta se realiza sin o con un envase intermedio. Se ve claramente en ella que la utilización de un envase intermedio hace crecer mucho más rápidamente el Índice de Daños después de la carga; sobre todo, cuando se trata de partidas a las que en la recolección se les ha producido ya un nivel de daños importante, el empleo de un envase intermedio afecta gravemente a los daños producidos por la operación de carga.

Otra cuestión a considerar en la carga es la altura desde la que se dejan caer los frutos. Los ensayos que hemos realizado nos han permitido encontrar una ecuación que relaciona el incremento del porcentaje de frutos con daños como consecuencia de la carga (y) con la altura de caída de los frutos, expresada en metros (x). Para el conjunto de las variedades con las que trabajamos esta ecuación se representa en la **Figura 7**.

De acuerdo con ella, alturas de caída próximas a un metro ya producen un incremento de daños y éste crece rápidamente cuando la altura aumenta. Téngase en cuenta que cuando la carga se realiza volcando las cajas manualmente dentro del contenedor, la altura de caída es de aproximadamente 1,5 m, cuando se utiliza una cinta

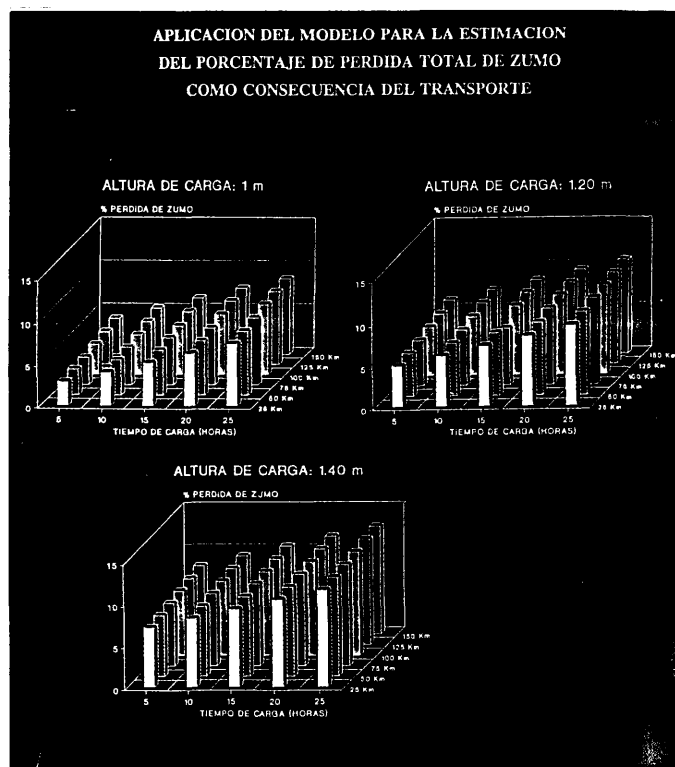


Fig. 9. Estimación de las pérdidas de zumo en función de las condiciones de transporte.

transportadora es de unos 2 m y cuando se vuelcan los cajones paletizados puede superar los 3 m. Cuando se cosecha mecánicamente, la altura desde la cinta a la masa de tomates ya cargados no tiene por qué superar 0,5 m, sin embargo, la costumbre de llevar la cinta muy alta hace que en muchos casos se supere los 2 m de altura de caída.

Ya indicamos que el empleo de algún mecanismo decelerador puede contribuir a reducir los daños provocados por la carga. Utilizando como decelerador una simple manga troncocónica, hecha con una lámina de PVC armada con hilos de nylon, y acoplada a la salida de la cinta cargadora, (Figura 8) en nuestros ensayos hemos conseguido eliminar el efecto del incremento de la altura de caída sobre la producción de daños, ensayando con alturas entre 0,7 y 1,9 m.

Pérdidas producidas durante el transporte. Factores que la determinan

Una vez que los frutos están cargados en el vehículo que ha de transportarlos, éste parte hacia la industria en que se van a elaborar, que en la mayor parte de los casos está a una distancia inferior a los 25 ó 30 km, aunque tampoco es infrecuente que la distancia supere los 100 km; incluso a veces, cuando por interés de la industria, para ampliar su campaña de recolección se trae producto de otras regiones, la distancia a recorrer puede llegar a 250 o más km.

Las vibraciones durante el transporte y la presión que unos frutos ejercen sobre otros, provocan que los frutos vayan perdiendo zumo, que escurre por la trampilla del contenedor si no es hermética, o queda depositado en el fondo y se perderá después junto con el agua utilizada en la descarga.

Cuando el vehículo llega a la fábrica la descarga no suele ser inmediata, sino que normalmente debe aguardar turno por un tiempo que, a veces, es de 12 o más horas.

Durante este período de espera, las pérdidas de zumo se siguen produciendo.

El volumen total de pérdidas puede ser importante y es necesario conocer cuáles son los factores que las determinan, para actuar sobre ellos y reducirlos en lo posible.

Este fue el objetivo fundamental de la investigación que realizamos en Extremadura en 1988 y 1989 y que consistió en el transporte, en condiciones controladas, de un volumen de tomate próximo a las 1.500 t, y en el que hicimos variar:

- La altura de la masa de tomate cargada en el contenedor (entre 1 y 1,4 m)

- La distancia de transporte (entre 18 y 150 km)
- El sistema de carga utilizado (vuelco manual de cajas o cinta transportadora)
- La variedad utilizada (las cuatro citadas anteriormente)

Controlamos también otras variables:

- La duración del transporte
- El tiempo de espera en la entrada de la fábrica.
- Los daños que tenía el fruto antes de cargar y en el momento de la descarga
- La presión que los frutos ejercían sobre el fondo del contenedor.

Con todos los datos obtenidos tratamos de encontrar un modelo matemático que, en función de las variables que presentasen una mayor influencia sobre las pérdidas de zumo, se pudiesen estimar éstas con fiabilidad.

En el conjunto de las condiciones que se ensayó, la ecuación que obtuvimos para estimar las pérdidas de zumo fue:

$$\% \text{ PZ} = -8,85 + 10,34 \times \text{AC} + 0,01 \times \text{D} + 0,23 \times \text{TCD}$$

en donde

- % PZ = Porcentaje de pérdidas de zumo provocado por el transporte.
- AC = Altura de carga, en metros.
- D = Distancia de transporte, en km.
- TCD = Tiempo transcurrido entre la carga y la descarga, en horas.

Utilizando esta ecuación es posible conjugar los factores que más influyen sobre la producción de pérdidas, para limitarlas en lo posible. Así, cuando por interés de la industria es preciso transportar tomate desde un lugar muy lejano, o en los días de mayor afluencia de fruto, en los que son previsible largas esperas de los camiones a la entrada de la fábrica, es preciso reducir la altura de carga para que las pérdidas no aumenten en exceso.

La aplicación del modelo a valores de variables comprendidas dentro del ámbito en que se realizaron los ensayos, nos permite obtener la Figura 9, con la que se puede estimar el porcentaje de pérdida de zumo que se producirá en cada caso. En esta figura se ve claramente la influencia que las condiciones en que transcurre la post-recolección tiene sobre las pérdidas que se producen; así, en condiciones que podríamos calificar como óptimas (1,00 m de altura de carga, 25 km de distancia recorrida y 5 horas entre carga y descarga) las pérdidas

totales de zumo son del 2,89%, en tanto que en condiciones límite (1,40 m de altura de carga, 150 km de distancia y 25 horas entre carga y descarga) las pérdidas alcanzan el 12,88% del zumo que potencialmente tenían los frutos al ser cargados.

Aplicando el modelo a los valores medios del conjunto de los ensayos que se realizaron (1,20 m de altura de carga 62,74 km de distancia y 7,3 horas entre carga y descarga) se obtiene un porcentaje de pérdidas del 5,86%. Aplicando este porcentaje a la cosecha de tomate de Extremadura se estiman unas pérdidas de 35.000 t de zumo cuyo valor, a los precios actuales, superan los 500 millones de pesetas.

Esta cifra de pérdidas indica por sí misma la importancia que la post-recolección tiene en el proceso productivo del tomate para industria. Téngase además en cuenta que la estimación que se hace es una estimación de mínimos, en primer lugar porque durante los ensayos se evitaron prácticas lesivas para el fruto que son frecuentes en la práctica y en segundo lugar porque las pérdidas que se estiman son exclusivamente ocasionadas por el transporte. Las pérdidas que sufren los frutos con daños mecánicos durante la descarga y el almacenamiento en las piscinas de regulación de las fábricas no se han evaluado, pero sin duda contribuyen a elevar notablemente la cifra estimada de pérdidas.

En consecuencia con todo lo indicado anteriormente, parece evidente que debe prestarse una especial atención a la fase de post-recolección del cultivo, porque si no se hace puede invalidarse, en gran parte, el efecto de unas técnicas de cultivo y recolección correctas.

Bibliografía

- O'BRIEN M. 1980. Tomato harvesting, post-harvest handling and transportation. *Acta Horticultural* 100: 239-249.
- RODRÍGUEZ DEL RINCÓN A. 1992. Carga y transporte a granel del tomate para la elaboración de concentrados: Factores que influyen sobre las pérdidas de producto y de calidad y modelos para su estimación. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Rural. U. Politécnica de Madrid.
- RUIZ ALTISENT M. 1986. Las propiedades físicas de los productos hortícolas en relación a una recolección y manipulación mecánica. *Actas de la 18ª Conferencia Internacional de Mecanización Agraria*. Zaragoza 113-123.